DOI: http://dx.doi.org/ 10.22104/JIFT. 2018.2791.1666

Archiv D

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، دوره ۶، شماره ۱، صفحه ۴۴-۳۱، پاییز۱۳۹۷

تعیین روش و شرایط بهینه خشک‌کردن کلاله زعفران تولید شده درکردستان

آریو امامی‌فر*

استادیار، گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۷/۱/۳۰، تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۳۰)

چکیده

خشک‌کردن زعفران تازه، نقش کلیدی در حفظ کیفیت رنگ، عطر و طعم آن دارد. در این تحقیق تاثیر روش‌های خشک کردن سنتی شامل سایه و آفتاب و صنعتی شامل آون الکتریکی در دماهای ۵۰ و ۸۰ ^{o}C و مایکروویو با دو توان ۳۰۰ و ۸۰۰ W، بر زعفران استان کردستان، جهت دستیابی به شرایط بهینه، بررسی گردید. اثر روش‌های خشک‌کردن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی زعفران معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$). مقدار کروسین زعفران خشک‌شده به‌ترتیب با امواج مایکروویو با توان‌های ۸۰۰ و ۳۰۰ W معادل ۲۷۱ و ۲۶۳/۵ و با آون با دمای ۸۰ ^{o}C معادل ۲۲۰/۵ اندازه‌گیری شد که نه تنها از مقادیر قابل قبول استاندارد ملی زعفران ایران که معادل ۲۲۰ می‌باشد، بالاتر بود، بلکه در مقایسه با سایر روش‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۱$). بیش‌ترین محتوی پیکروکروسین و سافرانال به‌ترتیب در نمونه‌های خشک‌شده با امواج مایکروویو با توان ۸۰۰ W معادل ۱۱۳/۷۵ و ۳۰/۲۵، و در آون با دمای ۸۰ ^{o}C معادل ۱۱۱/۵ و ۲۹/۰۵ و در سایه ۱۰۵ و ۲۹/۳۵، اندازه‌گیری شد. کم‌ترین مقدار کروسین ۱۴۶/۵، پیکروکروسین ۸۶/۷ و سافرانال ۲۳/۴ در زعفران خشک‌شده آفتابی حاصل شد. با افزایش دمای آون و توان مایکروویو، مقدار کروسین و پیکروکروسین زعفران به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۱$). کم‌ترین آلودگی میکروبی در زعفران‌های خشک‌شده با مایکروویو و سپس آفتاب حاصل شد ($p<۰/۰۱$). زعفران‌های خشک شده با مایکروویو با توان ۸۰۰ W و سپس آون با دمای ۸۰ ^{o}C، بیش‌ترین امتیاز حسی پذیرش کلی را دریافت کردند. نتایج نشان داد که استفاده از امواج مایکروویو با توان بالای معادل ۸۰۰ W در خشک‌کردن زعفران، با کاهش زمان خشک‌کردن، کاهش تغییرات ویژگی‌های کیفی، کاهش آلودگی میکروبی و دریافت بیش‌ترین امتیاز پذیرش حسی زعفران تولیدی، در مقایسه با سایر روش‌ها مطلوب تر است.

واژه‌های کلیدی: زعفران، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، خشک‌کن الکتریکی، خشک‌کن مایکروویو، خشک‌کن سنتی.

* نویسنده مسئول: a.emamifar@basu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

استان کردستان با مساحتی حدود ۲۸ هزار کیلومتر مربع در غرب کشور ایران و با دارا بودن شرایط آب و هوایی و توپوگرافی مناسب، مستعد رشد انواع مختلفی از گونه‌های گیاهی است[۱]. با توجه به روند کاهش بارندگی در این استان و ضرورت استفاده بهینه از آب و زمین و هم‌چنین اعمال الگوی کشت مناسب، کشت محصولاتی همچون زعفران در دستور کار سیاستگذاران قرار گرفته است. کاشت این محصول بنا به دلایلی همچون کوتاهی دوره کشت، سازگاری با کم آبی، درآمدزایی بالا، قابلیت نگه‌داری طولانی مدت و از همه مهم‌تر اشتغال‌زایی آن و کاهش مهاجرت روستاییان، به‌طور چشم گیری قابل توجه است[۲]. زعفران (*CroCus sativus* L.)، گیاهی چند ساله، پایا و گلدار از تیره زنبق می‌باشد که فراورده تجاری آن شامل کلاله و ناحیه انتهایی خامه گل است[۳]. عوامل موثر در مراحل پیش و پس از برداشت زعفران تاثیر قابل توجهی بر شاخص‌های کیفی فراورده دارند. از جمله عوامل قبل از برداشت می‌توان به نوع خاک، آب و هوا، زمان کشت، نوع و مقدار پیاز، عمق و روش کاشت اشاره کرد[۴]. خشک‌کردن، مهم‌ترین بخش فراوری زعفران و عامل اصلی و موثر در مرحله پس از برداشت بوده که تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی فراورده نهایی دارد[۵]. استاندارد جهانی و استاندارد ملی ایران به‌ترتیب کمینه رطوبت ۱۲ و ۱۰٪ را برای زعفران با هدف افزایش عمر نگه‌داری آن توصیه نموده‌اند [۶،۷]. کیفیت زعفران خشک‌شده ارتباط مستقیمی با غلظت سه ترکیب اصلی کروسین ($C_{44}H_{64}O_{24}$)، پیکروکروسین ($C_{16}H_{26}O_7$) و سافرانال($C_{10}H_{14}O$) موجود در آن دارد که به‌ترتیب عامل رنگ، طعم و عطر زعفران می‌باشند. کروسین از کاروتنوییدهای آبدوست کلاله زعفران و به‌صورت استر گلیکوزیدی کروستین با واحدهای قندی گلوکز و جنتوبیوز است. این ترکیب قرمز رنگ قدرت ضد اکسایشی بسیار قوی نیز دارد. طعم خاص یا تلخ زعفران به دلیل وجود پیکروکروسین با ساختمان منوترپنوئیدی است[۸]. سافرانال نیز به عنوان عامل عطر و بوی زعفران، تقریباً هفتاد درصد از بیش از ۱۶۰ ترکیب فرار موجود در زعفران را به خود اختصاص داده است. این ترکیب، خاصیت ضد میکروبی و ضد اکسایشی خوبی نیز دارد. سافرانال با حذف طبیعی گلوگز از پیکروکروسین، طی حرارت دهی و یا با تشکیل ترکیبات حد واسط پس از واکنش‌هایی آنزیمی ایجاد می‌شود[۹، ۱۰]. فرایند خشک‌کردن زعفران علاوه‌بر کاهش سرعت فساد و تسهیل نگه‌داری محصول، برای جدا شدن سافرانال از پیکروکروسین و تولید عطر و بوی مناسب زعفران ضروری است [۸]. خشک‌کردن زعفران در کشورهای زعفران خیز به روش‌های متفاوتی از جمله خشک‌کردن آفتابی در هندوستان [۱۱]، خشک‌کردن در سایه در مراکش[۱۲]، خشک‌کردن در اتاق گرم و تاریک تا دمای ۳۵ °C در یونان [۱۳] و خشک‌کردن با الک و در حرارت ملایم (تفت دادن) در اسپانیا [۱۴] انجام می‌شود. در ایران بیش‌تر از روش خشک‌کردن سنتی در سایه، یا خشک‌کردن آفتابی استفاده می‌شود[۱۵]. توجه به نکاتی از قبیل شرایط منطقه و تولیدکنندگان، ایجاد حداقل آلودگی، راندمان بالا، رطوبت نهایی کم‌تر از ۱۰٪ و در نهایت تولید زعفرانی با قدرت رنگ دهی، عطر و طعم مطلوب، در انتخاب روش و شرایط بهینه خشک‌کردن زعفران، باید مد نظر قرار گیرد[۱۶]. تا کنون مطالعات گسترده‌ای در خصوص بهینه سازی فرایند خشک‌کردن زعفران از نظر دما، زمان و انتخاب نوع روش، با هدف دستیابی به سه ویژگی مطلوب رنگ دهی، طعم و عطر آن، صورت گرفته است. سیمیودو و بیلیادریس گزارش کردند که خشک‌کردن زعفران در دماهای پایین شامل ۲۵ تا ۶۰ °C، کاهش رنگدانه کروسین و شدت رنگ‌دهی را به دلیل تجزیه آنزیمی کروسین به دنبال خواهد داشت[۱۷]. هم‌چنین گریوگوری و همکاران گزارش دادند که گرچه استفاده از دماهای بالای بیش از ۹۰ °C در خشک‌کردن زعفران با افزایش احتمال تجزیه حرارتی و گاهی اکسیداسیونی کروسین، احتمال کاهش شدت رنگ دهی زعفران را به دنبال دارند اما در مقایسه با دمای پایین و متوسط حدود ۵۰ °C، این نوع زعفران از شدت رنگ دهی بالاتری برخودار است[۱۴]. هایمنو و سانو اعلام کردند که مقدار سافرانال در زعفران خشک‌شده طی واکنش آنزیمی بتا-گلوکوزیداز و با تبدیل به ترکیب حد واسط پیکروکروسین به ۴-بتاهیدروکسی سیکلوسیترال، در دماهای پایین و یا با تجزیه مستقیم پیکروکروسین در دماهای بالا، تولید می‌شود[۱۸]. کارمونا و همکاران به‌کارگیری دماهای بالا و روش تفت دادن را در مقایسه با استفاده از هوای داغ جهت افزایش مقدار عطر و بوی زعفران خشک‌شده پیشنهاد دادند[۵]. عاطفی و همکاران نیز با به‌کارگیری روش خشک‌کن انجمادی به عنوان روشی نوین در

www.SID.ir

Archive of SID

خشک‌کردن زعفران در مقایسه با روش آون الکتریکی، سایه و تفت دادن اسپانیایی، اعلام کردند که علی رغم حصول کروسین بیش‌تر در زعفران‌های خشک‌شده به روش خشک‌کردن انجمادی، رنگ این نوع زعفران در مقایسه با سایر روش‌ها با استقبال مناسب مصرف کنندگان روبه رو نشد [۱۹]. با توجه به اهمیت خشک‌کردن زعفران و اثر مستقیم روش خشک‌کردن بر شاخص‌های کیفی فراورده نهایی و هم‌چنین عدم انجام مطالعه در خصوص زعفران کشت شده در استان کردستان، این پژوهش با هدف معرفی زعفران استان کردستان به عنوان یک محصول اقتصادی جدید در منطقه و دستیابی به شرایط بهینه خشک‌کردن و هم‌چنین بررسی ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی زعفران خشک‌شده انجام پذیرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. برداشت زعفران

مقدار ۳kg از گل‌های تازه زعفران (*CroCus sativus* L.) به‌صورت تصادفی همزمان با حداکثر گلدهی در فصل پاییز از مزرعه کشت زعفران در شهرستان سقز استان کردستان که بیش‌ترین کشت زعفران استان کردستان در این محل انجام می‌شود، در اوایل صبح برداشت و سپس با استفاده از بسته‌های کارتنی سوراخ دار به آزمایشگاه منتقل گردیدند. کلاله گیری در آزمایشگاه، به‌صورت دستی و به دقت انجام شد.

۲.۲. آزمون‌های کلاله‌های تازه زعفران

برخی ویژگی‌های نمونه‌های کلاله تازه زعفران از جمله ویژگی‌های فیزیکی شامل درصد اجزای گل، مقدار استحصال کلاله و طول کلاله به تعداد۱۲۰ نمونه، ویژگی‌های شیمیایی شامل درصد رطوبت و خاکستر کل [۲۰] و میکروبی شامل شمارش تعداد کپک‌ها و مخمرها و شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت [۲۲،۲۱].

۳.۲. خشک‌کردن کلاله‌های زعفران

کلاله‌های زعفران با وزن تقریباً یکسان ۲۰g در ۱۸ ظرف شیشه‌ای قرار داده شد و هریک از تیمارهای تحت بررسی خشک‌کردن روی آن‌ها اعمال گردید. پایان زمان خشک شدن نمونه‌ها، با دستیابی به وزن ثابت بین دو توزین متوالی تشخیص داده شد. تیمارها شامل

۱- خشک‌کردن آفتابی با دمای متوسط ۱ ± ۳۵ °C و رطوبت نسبی ۵ ± ۴۲٪ و مدت زمان ۹ h،

۲- خشک‌کردن در سایه با دمای متوسط ۱ ± ۲۵ °C و رطوبت نسبی ۵ ± ۵۰٪ و مدت زمان ۵۶ h،

۳- خشک‌کردن در آون الکتریکی با هوای داغ با دمای ۵۰ °C و مدت زمان ۵ h،

۴- خشک‌کردن در آون الکتریکی با هوای داغ با دمای ۸۰ °C و مدت زمان ۱/۵ h،

۵- خشک‌کردن در آون مایکروویو با توان کم ۳۰۰ وات و مدت زمان ۹ min و

۶- خشک‌کردن در آون مایکروویو با توان زیاد ۸۰۰ وات و مدت زمان ۶ min.

پس از انجام فرایند خشک‌کردن، نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای درب دار قرار داده شده و در دمای ۴ °C نگه داری گردیدند.

۴.۲. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی

۱.۴.۲. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

درصد رطوبت، خاکستر کل، عصاره محلول در آب سرد بر اساس روش استاندارد ملی شماره ۲-۲۵۹ اندازه‌گیری گردید[۲۰]. ویژگی‌های رنگ دهی، طعم و عطر نمونه‌های زعفران خشک‌شده به عنوان سه فاکتور اصلی به‌ترتیب با ارزیابی مقادیر کروسین، پیکروکروسین و سافرانال به روش اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۴۴۰، ۲۵۷، ۳۳۰nm، بر اساس استاندارد ملی ایران [۲۰] و براساس رابطه (۱) ارزیابی شد که در آن E میزان جذب محلول آبی با غلظت ۱٪، D_λ میزان بیشینه جذب در طول موج مشخص، m وزن نمونه به گرم و H درصد رطوبت نمونه بود.

$$E^{1\%}_{1cm}\lambda = \frac{D_\lambda \times 10000}{m\ (100-H)} \qquad (۱)$$

ظرفیت ضد اکسایشی به روش خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد ۱ و۱- دی فنیل ۲- پیکریل هیدرازیل بر اساس روش برند ویلیامز و همکارن با کمی تغییر مورد ارزیابی قرار گرفت. ۱۰۰ µL از عصاره متانولی زعفران با غلظت ۱٪ به ۳/۹ mL از محلول متانولی DPPH با غلظت ۰/۰۶۲۵ mmol/L

www.SID.ir

Archive of SID

اضافه شد. نمونه ها پس از به هم زدن شدید به مدت ۳۰ min در دمای اتاق و در محیطی تاریک نگه‌داری شدند. سپس جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ nm قرائت گردید. هم‌چنین از یک نمونه حاوی ۱۰۰ µL متانول و ۳/۹ mL محلول متانولی DPPH با غلظت ۰/۰۶۲۵ mmol/L به‌عنوان نمونه کنترل استفاده شد. میزان خنثی کردن رادیکال آزاد DPPH به‌صورت درصد و با استفاده از رابطه (۲) که در آن RSA درصد خنثی کنندگی رادیکال آزاد، A_c مقدار جذب نمونه کنترل و A_s مقدار جذب عصاره زعفران می باشد، گزارش گردید [۲۳].

$$\%RSA=\frac{A_c-A_s}{A_c}\times 100 \qquad (۲)$$

۲.۴.۲. آزمون‌های میکروبی

برای شمارش کپک و مخمرها از روش کشت سطحی و محیط کشت PDA استفاده شد. از محیط کشت PCA و روش کشت آمیخته برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و پس از شمارش کلنی‌ها به‌صورت چشمی در هر دو گروه از میکرو ارگانیسم‌ها (کپک و مخمر و شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها)، نتایج به‌صورت لگاریتم تعداد واحد کلنی میکرو ارگانیسم‌ها در هر گرم زعفران خشک log CFU/g گزارش گردید[۲۱،۲۲].

۳.۴.۲. آزمون حسی

در این ارزیابی از ده نفر از دانشجویان و استادان دانشگاه به عنوان ارزیاب کمک گرفته شد. ارزیابی حسی با استفاده از روش آزمون لذت بخشی، Hedonic Scale، و با درجه بندی کیفی ۵ نقطه‌ای اجرا گردید. در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ۴ خوب، عدد ۳ متوسط، عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا نمونه‌های زعفران خشک‌شده را در پنج ویژگی رنگ، بو، مزه، بافت و پذیرش کلی ارزیابی نمایند[۲۴].

۵.۲. روش آماری

این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح آماری کاملاً تصادفی با یک فاکتور روش خشک‌کردن در شش سطح (روش آفتابی، روش سایه، روش آون با دمای ۵۰ ºC، روش آون با دمای ۸۰ ºC، روش مایکروویو با توان کم ۳۰۰ W و روش مایکروویو با توان بالا ۸۰۰ W و در سه تکرار انجام شد. نتایج آزمون‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی، بر اساس واریانس داده‌ها یک‌طرفه (ANOVA) و با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) جهت مقایسه میانگین‌ها تجزیه و تحلیل شد. ارزیابی ویژگی‌های حسی با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و آزمون کروسکال- والیس که یک آزمون غیر پارامتری است، انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کلاله‌های تازه زعفران

در جدول (۱) ویژگی‌های فیزیکی شامل درصد اجزای گل زعفران، مقدار استحصال کلاله و طول کلاله و شیمیایی شامل درصد رطوبت، خاکستر کل و میکروبی شامل تعداد کپک‌ها و مخمرها و شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها آورده شده است.

۲.۳. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خشک‌شده

۱.۲.۳. رطوبت، خاکستر کل، عصاره محلول در آب سرد

اثرات معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) به‌کارگیری روش‌های تحت بررسی خشک‌کردن بر ، درصد رطوبت، خاکستر کل و عصاره محلول در آب سرد نمونه‌های خشک‌شده زعفران در شکل (۱) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌گردد، در تمامی روش‌های خشک‌کردن درصد رطوبت، خاکستر کل و عصاره محلول در آب سرد زعفران خشک‌شده در محدوده مقدار تعیین شده توسط استاندارد ملی ایران است. همان طور که شکل (a -۱) مشاهده می‌گردد، در رشته‌های زعفران خشک‌شده بیش‌ترین درصد رطوبت ۶/۸۴۵٪ با روش سایه و کم‌ترین آن ۵/۳۱۵٪ با روش مایکروویو با شدت زیاد ۸۰۰ W حاصل شد ($p<۰/۰۱$) که با نتایج مظلومی و همکاران در خصوص خشک‌کردن زعفران منطقه قائن مطابقت دارد[۲۵]. شریفی و همکاران نیز با بررسی زعفران‌های خشک‌شده برخی مناطق ایران، طول زمان خشک شدن و هم‌چنین نوع روش خشک‌کردن زعفران را به عنوان دو عامل اصلی در رطوبت نهایی محصول خشک‌شده گزارش کردند[۲۶]. باسکر و همکاران با خشک کردن رشته‌های زعفران تا وزن ثابت در دماهای مختلف اعلام کردند که درصد رطوبت و مواد فرار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱) ویژگی‌های نمونه‌های کلاله تازه زعفران.
Table 1 Stigma properties of fresh saffron.

اجزای گل زعفران Saffron flower components (%) (n =120)			بازده کلاله تازه Stigma yield (%) (n =120)	متوسط طول کلاله Mean stigma length (mm) (n =120)	متوسط قطر کلاله Mean stigma diameter (mm) (n =120)	رطوبت Moisture (%)	خاکستر کل Total ash (%)	کپک و مخمر Mold and yeasts log) (CFU/g	شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها Total counts (log CFU/g)
پرچم (Stamen)	خامه (Style)	کلاله (Stigma)							
8.52	2.11	7.59	49.36	2.87	1.29	84	5.02	2.8	4.8

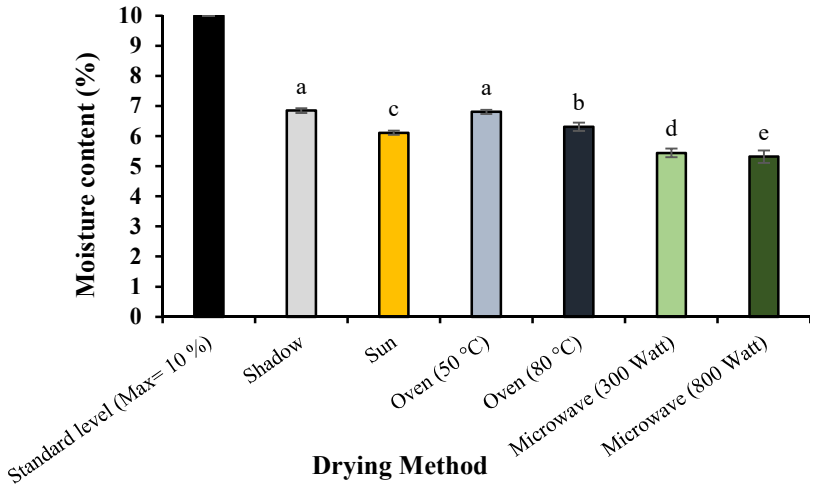
باقی‌مانده زعفران به تنظیم رابطه زمان و دمای مورد استفاده بستگی دارد که با نتایج این تحقیق هما هنگی دارد[۲۷]. شکل (b-۱) نیز نشان دهنده افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) میزان خاکستر کل رشته‌های زعفران خشک‌شده با استفاده از هردو توان روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها، است. این افزایش را می‌توان تا حدی به کم‌تر بودن رطوبت رشته‌های زعفران خشک‌شده با استفاده از روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها مرتبط دانست. البته میزان خاکستر زعفران که نشان‌دهنده ترکیبات معدنی آن است، بستگی مستقیمی به نوع خاک منطقه رشد گیاه زعفران و شرایط آب و هوایی آن منطقه دارد. اعداد حاصل از مقادیر خاکستر کل با نتایج سایر محققین[۱۹، ۲۵] و هم‌چنین استاندارد ملی شماره ۱-۲۵۹ ایران مطابقت دارد[۶]. احمدیان و همکاران با استناد به استاندارد ملی شماره ۱-۲۵۹ ایران [۶] که نشان دهنده افزایش درصد خاکستر از ۵/۵ به ۷٪ ، با افزایش درصد جرمی خامه در رشته‌های زعفران با درجه کیفی ممتاز تا درجه کیفی شماره ۴ می‌باشد، باقی‌مانده خامه در رشته‌های زعفران خشک‌شده در مناطق مختلف خراسان را عامل افزایش میزان خاکستر زعفران هر منطقه اعلام کردند[۲۸]. روش‌های مختلف خشک‌کردن اثر معنی‌داری بر مقدار عصاره محلول در آب سرد رشته‌های زعفران ($p<۰/۰۱$) داشتند. بیش‌ترین مقداره عصاره محلول در آب سرد در نمونه‌های خشک‌شده با روش مایکروویو با توان ۸۰۰ W معادل۶۱/۳۵٪ و کم‌ترین آن در نمونه‌های خشک‌شده به روش آفتابی به مقدار ۵۱/۶۸٪ حاصل شد. افزایش مثبت و معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) در میزان عصاره‌دهی با افزایش دمای آون از ۵۰ به ۸۰ °C تا ۷/۷۵٪ و هم‌چنین افزایش توان مایکروویو از ۳۰۰به ۸۰۰ W تا ۲/۲۵ ٪ مشاهد گردید. کاهش میزان عصاره در روش آفتابی را می‌توان به طولانی تر بودن زمان خشک شدن و یا انهدام برخی ترکیبات موثره زعفران طی خشک شدن آفتابی نسبت داد (شکل (c -۱).

۲.۲.۳.کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و ظرفیت ضد اکسایشی

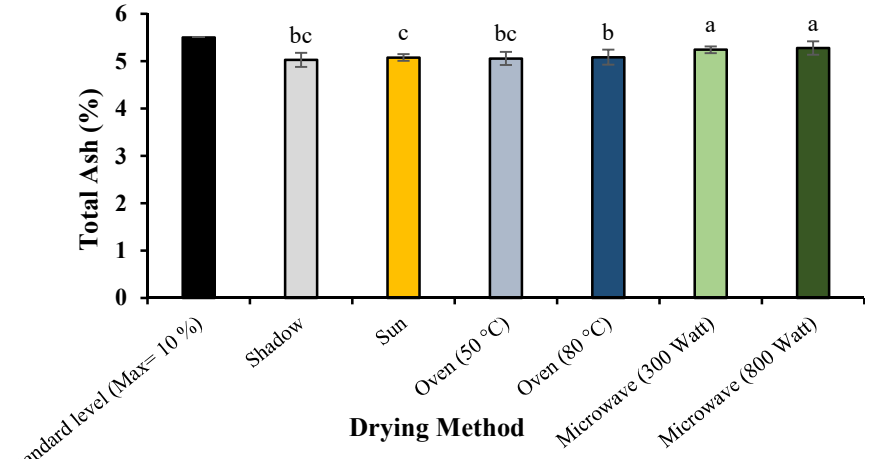
همان طور که در شکل (۲) مشاهده می‌گردد روش‌های تحت بررسی خشک‌کردن به‌صورت معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) محتوی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال و ظرفیت ضد اکسایشی نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار داده اند. مطابق شکل (a-۲) بیش‌ترین مقدار جذب کروسین در شرایط خشک‌کردن به روش مایکروویو در هر دو شدت زیاد تا ۲۷۱ و شدت کم تا ۲۶۳/۵ و کم‌ترین مقدار جذب کروسین برای شرایط خشک‌کردن آفتابی معادل ۱۴۶/۵حاصل شده است. تونگ و همکاران نیز گزارش نمودند که زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو در مقایسه با روش آون الکتریکی، از مقدار کروسین و شدت رنگدهی بالاتری بر خوردارهستند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد[۲۹]. آکار و همکاران نیز کاهش ۴۰ درصدی قدرت رنگ دهی به دلیل طولانی بودن و در نتیجه تجزیه آنزیمی کروسین طی خشک‌کردن آفتابی رشته‌های زعفران را در مقایسه با روش خشک‌کردن انجمادی گزارش نمودند[۳۰]. بر طبق شکل (a-۲) با افزایش توان امواج مایکروویو از ۳۰۰ به ۸۰۰ W و دمای خشک‌کن در آون الکتریکی از ۵۰ به ۸۰ °C، مقدار کروسین رشته‌های زعفران روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p<۰/۰۱$) و این در حالی است که مقدار کروسین و در نتیجه شدت رنگ دهی رشته‌های خشک‌شده زعفران با مایکروویو درهر

www.SID.ir

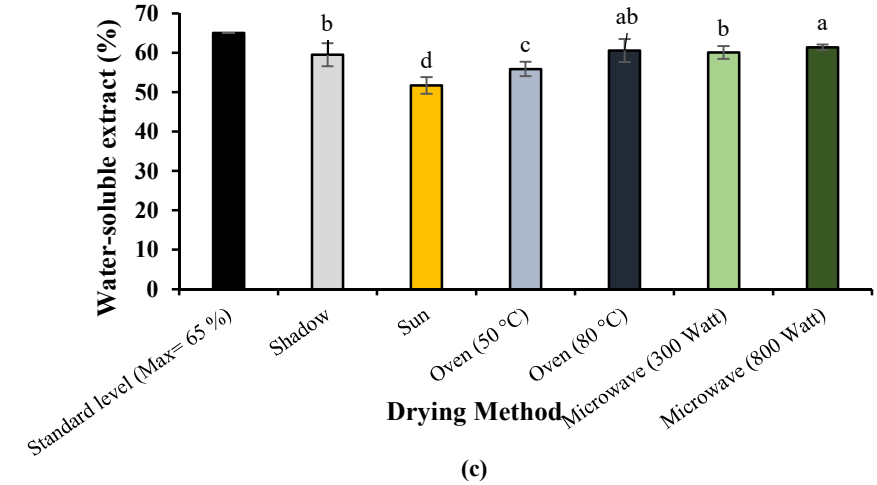
Archive of SID



(a)



(b)



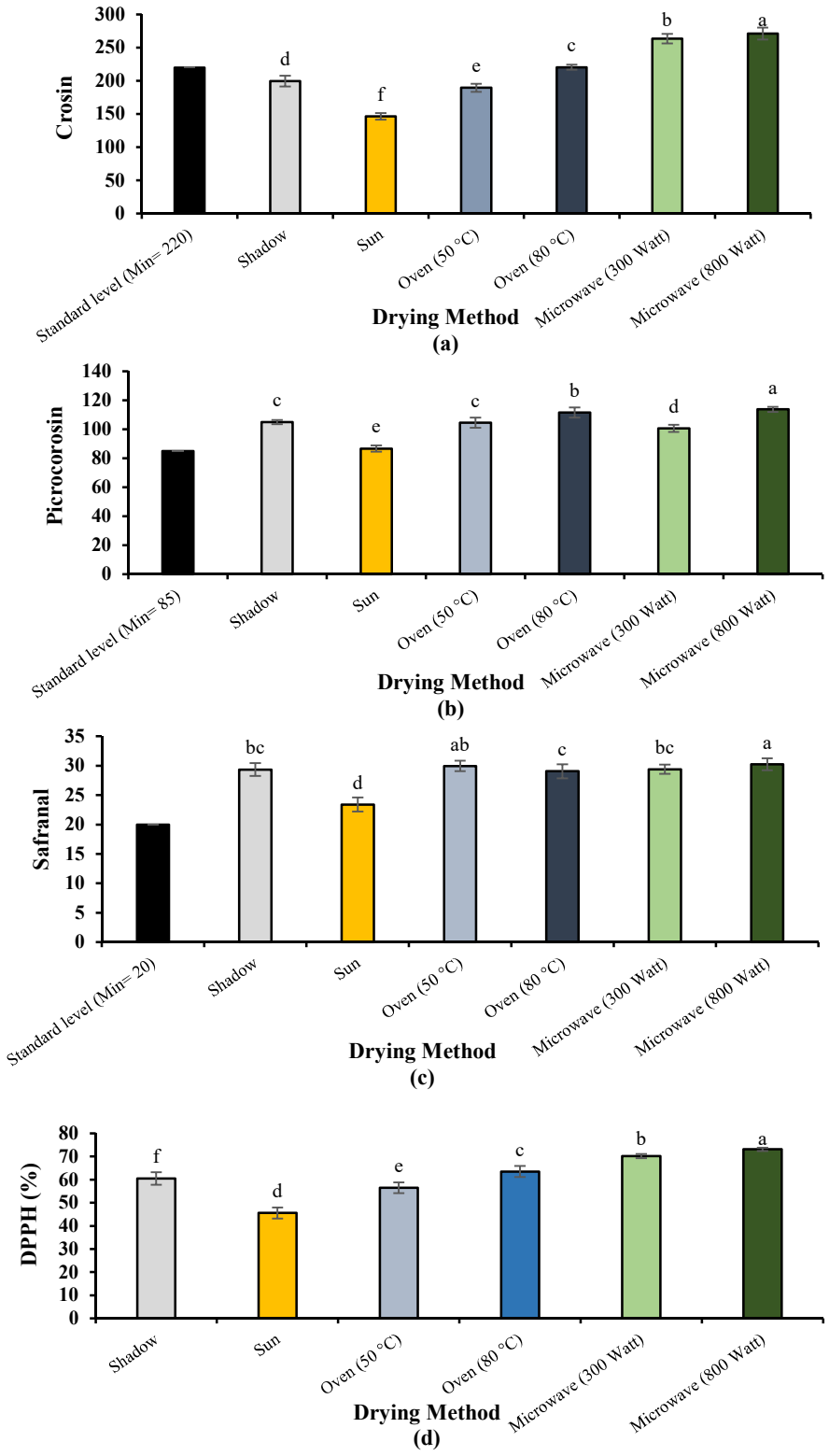
(c)

شکل (۱) اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر درصد رطوبت a)، درصد خاکستر کل، b) و درصد عصاره محلول در آب سرد و c) رشته‌های زعفران خشک‌شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۱٪ است.

Fig. 1 Effect of drying methods on moisture content a), total ash b) and water-soluble extract c) of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 1.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲) اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر a)کروسین، b) پیکروکروسین، c) سافرانال و d) ظرفیت ضد اکسایشی رشته‌های زعفران خشک‌شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۱٪ است.

Fig. 2 Effect of drying methods on a) crosin, b) picrocrosin, c) safranal and d) antioxidant activity (DPPH) of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 1.

www.SID.ir

Archive of SID

دو توان بالا و پایین و آون الکتریکی با دمای ۸۰ °C نیز در مقایسه با سایر روش‌ها، به‌صورت معنی‌داری (p<۰/۰۱) افزایش یافته است که با امتیاز کروسین زعفران ممتاز که معادل جذب ۲۲۰ در استاندارد ملی ایران مطابقت دارند[۶]. کاهش زمان خشک‌کردن و حفظ ساختار شیمیایی ترکیبات رنگ‌دهنده و بافت محصول خشک‌شده با استفاده از خشک‌کردن با انرژی مایکروویو در خصوص سایر محصولات کشاورزی نیز توصیه شده است[۳۱]. با توجه به حضور بیش‌ترین ترکیبات کاروتنوئیدی عامل رنگ زعفران یا همان کروستین استر، در کروموپلاست سلول، بنابراین به‌کارگیری دماهای بالای خشک‌کردن زعفران، احتمال تسریع در روند آزاد سازی رنگدانه‌ها را از کرومپلاست سلول را افزایش می‌دهد [۳۲]. مقصودی و همکاران استفاده از دماهای بسیار زیاد و یا بسیار کم در خشک‌کردن زعفران را به‌ترتیب به دلیل تجزیه حرارتی کروسین و یا تجزیه آنزیمی آن نامطلوب ارزیابی نمودند. هم‌چنین نتیجه‌گیری کردند که به دلیل کاهش زمان خشک‌کردن در طی استفاده از دماهای بالا احتمال تجزیه حرارتی کروسین کاهش یافته و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده کروسین به دلیل دناتوره شدن حرارتی متوقف می‌گردد[۱۵]. علاوه‌بر دمای خشک‌کردن کاهش محتوی رطوبت و فعالیت آبی رشته‌های زعفران خشک‌شده نقش مهمی در کاهش تجزیه آنزیمی رنگدانه کروسین دارد به این ترتیب که اکسیداسیون کاروتنوئیدهای زعفران را با افزایش فعالیت آبی از ۰/۳ تا ۰/۷۵ افزایش می دهد. این رفتار ناشی از حلالیت بیش‌تر کاروتنوئیدهای زعفران نسبت به سایر کاروتنوئیدها و دسترسی بیش‌تر اکسیژن حل شده به رنگدانه‌ها می‌گردد [۳۳]. در شکل (۲-a) میزان کروسین در زعفران‌های خشک‌شده در سایه و یا دمای پایین آون الکتریکی معادل ۵۰°C، کاهش معنی‌داری (p<۰/۰۱) را نشان می دهد. دلیل این پدیده را می‌توان به دمای پایین و طولانی بودن زمان خشک‌کردن در سایه و در نتیجه فراهم شدن شرایط برای تجزیه آنزیمی کروسین مرتبط دانست. رینا و همکاران بیان داشتند که خشک‌کردن زعفران در دمای پایین تا حدود ۴۵ °C نه تنها منجر به طولانی شدن زمان خشک شدن خواهد شد، بلکه با فراهم شدن شرایط تخمیر، افزایش فعالیت آنزیم‌های شکننده کروسیتین استر و در نتیجه کاهش رنگ دهی زعفران خشک‌شده را به دنبال خواهد داشت[۱۱]. کارمونا و همکاران نیز با مطالعه خشک‌کردن رشته‌های زعفران در دماهای بالا و پایین اعلام نمودند که افزایش دمای خشک‌کردن ضمن کاهش زمان خشک شدن افزایش شدت رنگ دهی و میزان کروسین را به دنبال خواهد داشت[۵]. گروگوری و همکارن بیان داشتند که خشک‌کردن در محدوده دمای ۸۰°C نسبت به دماهای پایین و در محدوده ۴۰°C بهبود شدت رنگ زعفران را به دنبال خواهد داشت[۱۴]. عاطفی و همکاران با مقایسه روش‌های مختلف خشک‌کردن انجمادی، تفت دادن، آون الکتریکی در مقایسه با روش خشک‌کردن سنتی و در سایه اعلام کردند که روش خشک‌کردن در سایه از کم‌ترین کیفیت رنگ برخوردار است[۱۹]. مطالعات مظلومی و همکاران در خصوص اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن شامل آفتابی، آون خلاء و مایکروویو بر عامل مولد رنگ یا همان کروسین زعفران، نشان داد که استفاده از روش خشک‌کردن مایکروویو، شدت رنگ بالاتری را در زعفران‌های خشک‌شده در مقایسه با سایر روش‌ها ایجاد می‌کند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد[۲۵]. پیکروکروسین و سافرانال به‌عنوان دو عامل طعم و عطر در زعفران نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. این دو ترکیب از نظر ساختار شیمیایی بهم وابستگی خوبی دارند. سافرانال از گروه ترپن‌ها می‌باشد که در زعفران تازه به‌صورت پیکروکروسین غیرفرار وجود دارد[۳۴]. پیکروکروسین یا بتا دی گلوکوزید هیدروکسی سافرانال، طی تجزیه حرارتی به‌طور مستقیم و یا با تجزیه آنزیمی توسط آنزیم بتا گلوکوزیداز ابتدا به ۴ هیدورکسی ۲و ۶ و۶ تری متیل ۱ سیکلوهگزن ۱ کربوکسل آلدهید (HTCC) و سپس طی مرحله آبگیری به ترکیب معطر سافرانال تبدیل می‌شود. بنابراین می‌توان چنین دریافت که تفاوت در مقدار عطر و طعم زعفران خشک‌شده وابستگی مستقیمی به نوع روش خشک‌کردن آن دارد[۸]. همان‌طور که در شکل‌های ۲-b و ۲-c نیز مشاهده می‌گردد، روش‌های مختلف خشک‌کردن اثر معنی‌داری بر مقادیر پیکروکروسین (طعم) و سافرانال (عطر) موجود در رشته‌های زعفران خشک‌شده (p<۰/۰۱) دارند. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار پیکروکروسین و سافرانال به‌ترتیب در زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو با توان بالا و تا ۸۰۰ W و کم‌ترین آن‌ها در زعفران‌های خشک‌شده در آفتاب اندازه‌گیری شد. تونگ و همکاران با بررسی توان‌های مختلف امواج مایکروویو بر خشک‌کردن رشته‌های زعفران بیان داشتند که با افزایش توان امواج مایکروویو تا ۶۰۰ W طی خشک‌کردن رشته‌های زعفران،

www.SID.ir

Archive of SID

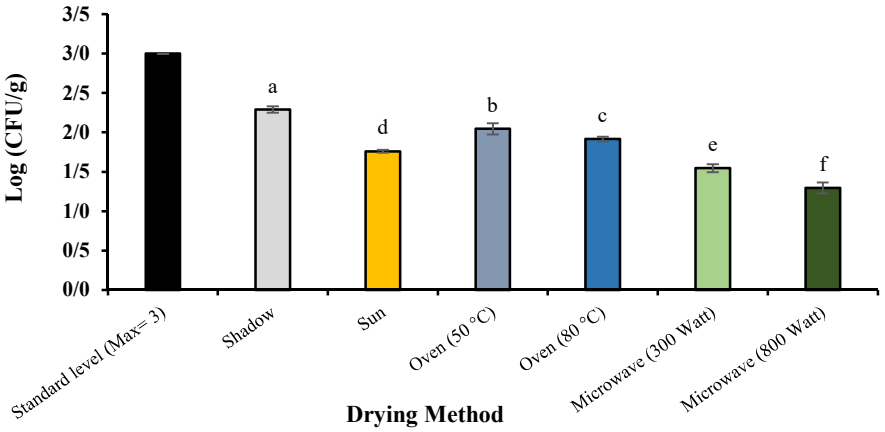
میزان سافرانال روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌دهد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد[۲۹]. شکل (c -۲) نشان دهنده کاهش معنی‌دار($p<۰/۰۱$) محتوی مقدار سافرانال زعفران خشک‌شده با افزایش دمای خشک‌کردن در آون الکتریکی از ۵۰ تا ۸۰ ^{o}C است. این پدیده را می‌توان به عدم کفایت دمای لازم برای تسریع در تجزیه پیکروکروسین به سافرانال علی رغم دناتوره شدن آنزیم‌های تجزیه کننده پیکروکروسین مرتبط دانست [۱۵]. سعیدی راد و همکاران نیز نتایج مشابهی در خصوص همگام بودن افزایش دمای خشک‌کردن و تولید سافرانال بیش‌تر در زعفران‌های خشک‌شده ارائه دادند[۳۵]. همان‌طور که در شکل (c -۲) مشاهده می‌گردد، با وجود این‌که سافرانال در زعفران‌های خشک‌شده در سایه نسبت به روش خشک‌کردن آفتابی بیش‌تر تولید شده، اما در مقدار سافرانال موجود در این نوع زعفران‌ها تفاوت آماری معنی‌داری در مقایسه با سافارانال تولیدی در زعفران خشک‌شده به روش آون الکتریکی در هر دو دمای به‌کار رفته و روش مایکروویو با توان کم مشاهده نمی‌گردد ($p<۰/۰۱$). بالا بودن مقدار سافرانال تولیدی در زعفران‌های خشک‌شده در سایه در نتایج سایر محققان نیز ذکر شده است [۱۹، ۲۵]. همان‌طور که در شکل (d-۲) مشاهده می‌گردد بیش‌ترین و کم‌ترین ظرفیت ضد اکسایشی به‌ترتیب در رشته‌های زعفران خشک‌شده با روش مایکروویو با توان بالا تا ۷۳/۱۵٪ و با روش آفتاب تا ۴۵/۵۸٪ در مقایسه با سا یر روش‌های خشک‌کردن حاصل شده است ($p<۰/۰۱$). نتایج این بخش با نتایج حاصل از مقادیر کروسین و سافرانال زعفران‌های خشک‌شده با روش مایکروویو و آفتابی هماهنگی دارد (شکل‌های c-۲ و d-۲). شکل (d-۲) نشان دهنده افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۱$)، ظرفیت ضداکسایشی رشته‌های خشک‌شده زعفران با افزایش دمای خشک‌کردن است. این افزایش را می‌توان به افزایش میزان کروسین تولیدی در این شرایط نسبت داد (شکل a-۲). خاصیت فراسودمندی و قدرت بالای ضد اکسایشی زعفران را می‌توان به دو ترکیب اصلی کروسین و سپس سافرانال مرتبط دانست. کروسین به‌عنوان یک ترکیب زیست فعال کاروتنوئیدی بیش‌ترین سهم فعالیت ضد اکسایشی زعفران را دارد و هم‌چنین سافرانال نیز به عنوان یک ترکیب منوترپنی آلدئیدی قدرت ضد اکسایشی خوبی دارد[۳۶]. در مطالعه دیگر، بررسی روش‌های خشک‌کردن زعفران نشان داد که زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو ظرفیت ضد اکسایشی بالاتری در مقایسه با زعفران‌های خشک‌شده در آون الکتریکی و آون تحت خلا داشته و اعلام شد که ظرفیت ضد اکسایشی در زعفران منحصر به یک ترکیب خاص نمی باشد و مجموعه‌ای از ترکیبات سازنده در این مهم نقش اساسی بازی می‌کنند[۲۹]. چن و همکاران نیز با مطالعه ویژگی‌های شیمیایی زعفران‌های خشک‌شده ترکیب کروسین و سایر ایزومرهای آن را به‌عنوان ترکیب اصلی با نقش ضد اکسایشی اعلام کردند. [۳۷].

۳.۲.۳. ویژگی‌های میکروبی زعفران

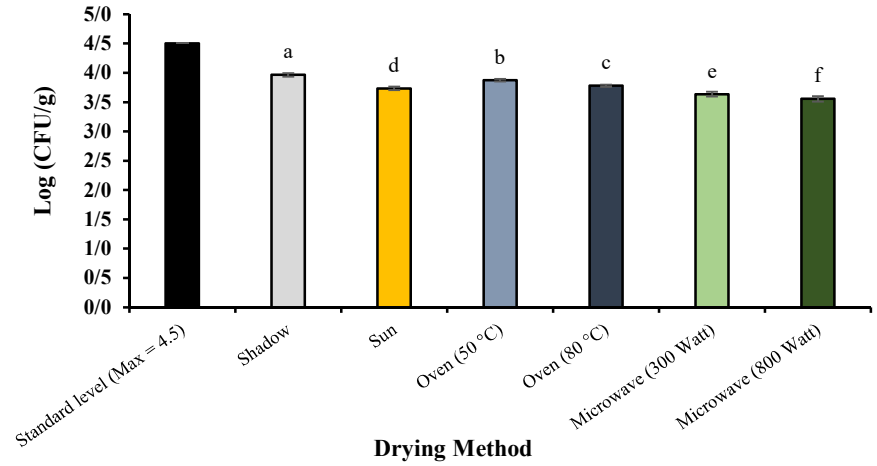
به‌طور کلی آلودگی میکروبی زعفران در مقایسه با سایر ادویه‌ها کم‌تر گزارش شده است [۳۸]. خزایی و همکاران دو مرحله برداشت زعفران و خشک‌کردن آن را به‌عنوان اصلی ترین مراحل احتمال افزایش آلودگی میکروبی زعفران گزارش نمودند[۳۹]. نمودارهای (b-۳ و a-۳) بیانگر تاثیر معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) انواع روش‌های خشک‌کردن به‌کار گرفته شده بر کاهش بار میکروبی نمونه‌های زعفران است. تمامی زعفران‌های خشک‌شده به روش‌های مختلف از نظر آلودگی به کپک و مخمر وشمارش کلی میکروارگانیسم‌ها کم‌تر از حد مجاز استاندارد ملی ایران که معادل ۳ log CFU/g برای کپک و مخمر و۴/۵ log CFU/g برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها اعلام شده است، بودند [۶، ۲۵]. مطابق با شکل‌های (b-۳ و a-۳)، کم‌ترین آلودگی میکروبی ($p<۰/۰۱$) در زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو با توان بالا و شامل ۱/۲ log CFU/g برای کپک و مخمر و ۳/۵۵ log CFU/g برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و بیش‌ترین آلودگی میکروبی در زعفران‌های خشک‌شده در سایه به ترتیب شامل ۲/۲۹ log CFU/g برای کپک و مخمر و ۳/۹۶ log CFU/g برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، قابل مشاهده است. میرمصطفایی و همکاران کاهش محسوس و معنی‌دار آلودگی میکروبی در نمونه‌های خشک‌شده نعناع فلفلی با روش مایکروویو در مقایسه با سایر روش‌ها را گزارش نمودند[۴۰]. مطابق شکل‌های (b-۳ و a-۳)، با افزایش توان مایکروویو از ۳۰۰ به ۸۰۰ W، متوسط تعداد کپک و مخمر تا ۱۷٪ و تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها تا ۳٪ در زعفران‌های خشک‌شده روند کاهشی معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) نشان را می‌دهد. هم‌چنین روند کاهش آلودگی نمونه‌ها با افزایش دمای

www.SID.ir

Archive of SID



(a)



(b)

شکل (۳) اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر a) تعداد کپک و مخمر و b) شمارش کلی میکروارگانیسم‌های رشته‌های زعفران خشک‌شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد است.

Fig. 3 Effect of drying methods on a) mold and yeast and b) total aerobic bacteria populations of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 1

خشک‌کردن در آون الکتریکی از ۵۰ تا ۸۰ ºC نیز با کاهش متوسط تعداد کپک و مخمر تا ۶/۳٪ و تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها تا ۲/۳٪ همراه است. جانکوویچ و همکاران با بررسی اثر امواج مایکروویو بر رشد میکروارگانیسم‌ها بیان داشتند که افزایش توان مایکروویو با کاهش تعداد میکرورگانیسم‌ها همگام بوده و آسیب حرارتی ناشی از افزایش دما در اثر تابش امواج مایکروویو و هم‌چنین تخریب غشاء سلولی و اختلال در کار کرد پروتئین‌های درون سلولی را به‌عنوان دلایل اصلی انهدام میکروارگانیسم‌ها در اثر امواج مایکروویو هستند [۴۱]. حسینی‌نژاد با بررسی توان‌های مختلف امواج مایکروویو بر خشک‌کردن رشته‌های زعفران بیان داشتند که با افزایش توان مایکروویو، میزان آلودگی میکروبی زعفران خشک‌شده به کپک‌ها و مخمرها و باکتری‌ها روند کاهشی معنی‌داری را نشان می‌دهد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد[۴۲]. مظلومی و همکاران با بررسی روش‌های مختلف خشک‌کردن زعفران تازه، اعلام کردند که شمارش تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر در نمونه‌های زعفران‌های خشک‌شده به روش مایکروویو کم‌تر از سایر نمونه‌ها ازجمله روش آون الکتریکی، سایه و آفتاب بود[۲۵].

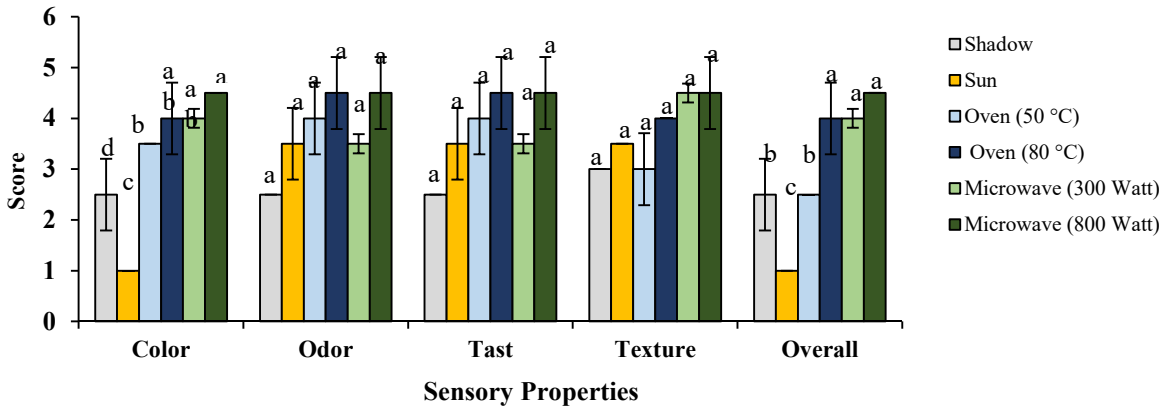
۴.۲.۳. ویژگی‌های حسی زعفران

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود ارزیاب‌ها تاثیر روش خشک‌کردن بر دو ویژگی حسی رنگ و پذیرش کلی

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌ها را معنی‌دار ($p<0/01$) تشخیص دادند در حالی که تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌ها در سه ویژگی حسی بو، مزه و بافت گزارش نکردند. پس از اتمام فرایند خشک‌کردن، به‌ترتیب نمونه‌های خشک‌شده به روش مایکروویو با توان زیاد ۸۰۰ W و آون با دمای ۸۰ °C، بیش‌ترین و در نمونه‌های خشک‌شده به روش آفتابی، کم‌ترین امتیاز حسی رنگ، بافت، بو، مزه و پذیرش کلی را از ارزیاب‌ها دریافت کردند. کاهش قدرت رنگ دهی نمونه‌های خشک‌شده با آفتاب را می‌توان به فتواکسیداسیون کروسین زعفران مرتبط دانست [۳۹]. این نتایج هماهنگی خوبی با نتایج قدرت رنگ دهی یا میزان کروسین، تلخی یا میزان پیکروکروسین و عطر دهی یا میزان سافرانال نمونه‌ها دارند (شکل ۲). آکر و همکاران نیز با بررسی روش‌های مختلف خشک‌کردن رشته‌های زعفران، گزارش نمودند که رنگ دهی نمونه‌های خشک‌شده به روش آفتابی در مقایسه با سایر روش‌ها شدت کم‌تری دارد [۳۰]. ارزیاب‌ها قدرت رنگ‌دهی نمونه‌های خشک‌شده در سایه نسبت به سایر نمونه‌ها بجز زعفران‌های خشک‌شده در آفتاب را، به‌صورت معنی‌داری ($p<0/01$) نامطلوب ارزیابی نمودند (شکل ۴). اگرچه ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری در شدت بوی نمونه‌های خشک‌شده تشخیص ندادند اما بر اساس نتایج موجود در شکل (۴)، این ویژگی در نمونه‌های خشک‌شده در سایه در مقایسه با آفتاب تا حدی مطلوب تر تشخیص داده شده است که با نتایج تغییرات میزان سافرانال در شکل (۲-c) هماهنگی مطلوبی دارد. هم‌چنین این نتایج با نتایج دیگر تحقیقات که اعلام داشتند زعفران‌های خشک‌شده در سایه از پذیرش عطر و بوی مطلوبی برخوردار هستند، هماهنگی دارد [۴۳]. پاردو و همکاران با بررسی اثر روش‌های خشک‌کردن بر ویژگی‌های حسی زعفران، گزارش دادند که نمونه‌های خشک‌شده در شرایط دمای اتاق از ویژگی‌های حسی رنگ و عطر نامطلوب‌تری در مقایسه با سایر روش‌ها برخوردار می‌باشند[۴۴]. میزان چروکیدگی، پیچش، شکننده بودن و قابلیت پودر شدن رشته‌های زعفران خشک‌شده، از جمله عوامل موثر در سنجش ویژگی حسی بافت نمونه‌ها است [۴۵]. اگرچه اثر روش‌های خشک‌کردن بر بافت نمونه‌ها در این مطالعه از نظر ارزیاب‌ها معنی‌دار تشخیص داده نشد اما نتایج ارائه شده در شکل (۴) نشان دهنده افزایش میزان پذیرش حسی بافت نمونه‌های خشک‌شده با امواج مایکروویو با توان زیاد ۸۰۰ W در مقایسه با سایر روش‌ها است. به‌طور کلی خشک‌کردن فراورده‌های گیاهی تحت امواج مایکروویو علاوه‌بر کاهش مدت زمان فرایند، ضمن حفظ ترکیبات رنگ‌دهنده،کیفیت مواد موثره موجود در آن‌ها را نیز بهبود بخشیده و به دلیل پخش شدگی سریع و همگن امواج مایکروویو در نمونه، روشی سریع و مطمئن در ارائه محصولی با کیفیت مطلوب است[۴۶]. عاطفی و همکاران با مقایسه اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن شامل آون الکتریکی، آفتابی، سایه و انجمادی، بر کیفیت زعفران، گزارش نمودند که نمونه‌های خشک‌شده به روش انجمادی کم‌ترین امتیاز پذیرش حسی رنگ،



شکل (۴) اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ویژگی‌های حسی رشته‌های زعفران خشک‌شده. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ است.

Fig. 4 Effect of drying methods on sensory properties of dried saffron. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the % 5.

www.SID.ir

Archive of SID

بو و پذیرش کلی و نمونه‌های خشک‌شده با آون الکتریکی در دمای ۵۰ °C، کم‌ترین امتیاز پذیرش حسی بافت را دریافت کردند [۱۹]. همتی کاخکی با مطالعه اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ویژگی‌های حسی رنگ، طعم و عطر رشته‌های زعفران، به‌ترتیب استفاده از روش خشک‌کن کابینی، روش اسپانیایی، روش خشک‌کردن تحت خلا و روش سنتی ایران را از نظر حفظ ویژگی‌های حسی مطلوب ارزیابی نمودند [۴۷]. پاردو و همکاران انتخاب دما و زمان مناسب و هم‌چنین نوع روش خشک‌کردن را در بهینه سازی ویژگی‌های حسی از قبیل قدرت رنگ دهی و شدت بوی زعفران خشک‌شده معنی‌دار ارزیابی نمودند و گزارش نمودند که نمونه‌های خشک‌شده تحت شرایط خشک‌کن‌های کابینی در مقایسه با شرایط دمایی اتاق، از پذیرش حسی رنگ و عطر مطلوب تری برخوردار هستند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد[۴۴].

۴. نتیجه گیری

تولید زعفران به عنوان یک محصول با نیاز آبی پایین در چند سال اخیر در کردستان مورد استقبال کشاورزان این منطقه قرار گرفته است. مهم‌ترین هدف از توسعه کشت زعفران تغییر الگوی کشت به‌دلیل محدود بودن نیاز آبی زعفران به خصوص در مناطق کم آب است. خشک‌کردن زعفران بخش اصلی و ضروری پس از برداشت زعفران بوده و طی این فرایند با کاهش ۸۰ درصدی وزن کلاله‌ها، تغییرات فیزیکی و بیوشیمایی لازم در آن‌ها ایجاد شده و در نهایت محصولی با ویژگی‌های مطلوب تولید می‌شود. با توجه به این‌که کاشت زعفران در استان کردستان تازه آغاز شده، لذا بررسی کیفیت زعفران کاشته شده در این منطقه و انتخاب بهترین روش خشک‌کردن زعفران این منطقه ضروری به نظر می‌رسید. نتایج این مطالعه نشان داد که زعفران کاشته شده در شهرستان سقز استان کردستان از کیفیت بالایی در مقایسه با استاندارد ملی ایران برخوردار است که البته این کیفیت بسته به نوع و روش خشک تا حدی متفاوت می‌باشد. نتایج نشان داد که به‌کارگیری روش‌های خشک‌کردن صنعتی از قبیل مایکروویو و آون الکتریکی در مقایسه با روش سنتی سایه یا آفتاب، تاثیر معنی‌داری بر رنگ، طعم و عطر زعفران تولیدی دارد. افزایش دمای خشک‌کردن در شرایط آون الکتریکی و یا افزایش شدت امواج مایکروویو باعث تولید عطر و طعم و رنگ مطلوب‌تری در زعفران‌های تولیدی شد. بهترین روش خشک‌کردن زعفران منطقه سقز کردستان، خشک‌کردن تحت امواج مایکروویو با توان ۸۰۰ W حاصل شد. ارزیابی حسی نمونه‌ها نیز نشان از برتری روش خشک‌کردن با مایکرویو با شدت بالا در مقایسه با سایر روش‌ها بود. از طرف دیگر آلودگی میکروبی نمونه‌های خشک‌شده در مایکروویو و نمونه‌های آفتابی در مقایسه با دیگر روش‌ها کم‌تر بود. به هر ترتیب می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به ظرفیت بالا منطقه و از طرفی کیفیت مطلوب زعفران کشت شده می‌توان با بهینه سازی روش‌های خشک‌کردن و استفاده از روش مایکروویو در خشک‌کردن، محصولی با کیفیت بالا به بازار عرضه نمود.

منابع

[۱] هو شیدری، ف. (۱۳۸۸) گیاهان دارویی ا ستان کرد ستان. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، جلد ۲۵، شماره ۱، ص ۱۰۳-۹۲.

[۲] اصـــغری لمجانی، ص.؛ ایزدی، ع. (۱۳۹۵) وا کاوی نقش زعفران در ا شتغالزایی خانوارهای رو ستایی. ن شریه *پژوهش‌های زعفران*، جلد ۴، شماره ۲، ص ۲۲۸-۲۱۰.

[۳] زرگری، ع. (۱۳۷۰) گیاهان داورییی. چاپ پنجم، *انتشـــارات دانشگاه تهران*. جلد ۴، ص ۵۷۸-۵۷۴.

[4] Esmaeilian, Y., Galavi, M., Galavi, M., Mashhadi Akbar Boojar, M. (2012). Diurnal variability of stigma compounds of saffron. *Annal Biol. Res*., 3, 562-1568.

[5] Carmona, M., Zalacain, A, Pardo, J.E., Lopez, E., Alvarruiz, A., Alonso, G.L. (2005). Influence of different drying and aging on saffron constituents. *J. Agr. Food Chem*., 53, 3974-3979.

[۶] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱. زعفران- ویژگی‌ها. شماره ۱-۲۵۹.

[7] ISO 3632. Saffron (Crocus satiVus L.). Part 1 (Specification) and Part 2 (Test methods); International

www.SID.ir

Archive of SID

Organization for Standarization: Gene`ve, *Switzerland*, 1993.

[8] Alonso, G.L.و Salinas, M.R.و Sanchez-Fernandez, M.A., Garijo, J.N. (2001). Safranal content in Spanish saffron. *Food Sci. Technol. Int*., 7, 225-229.

[9] Maggi, L., Carmona, M., Sánchez, A.M., Alonso, G.L. (2012). Saffron flavor: compounds involved, biogenesis and human perception. Func. *Plant Sci. Biotech*., 4, 45-55.

[10] Alonso, G.L, Salinas, M.R., Est´ebanez-Infantes, F.J., S´anchez, M.A. (1996). Determination of safranal from saffron (Crocus sativus L.) by Thermal desorption-gas chromatography. *J. Agr. Food Chem*., 44, 185–188.

[11] Raina, B.L., Agarwal, S.G., Bhatia, A.K., Gaur, G.S. (1996). Changes in pigments and volatiles of saffron (Crocus sativus L.) during processing and storage. *J. Sci. Food Agr*., 71, 27–32.

[12] Mounira, L., Bernardo, M., Luigi, C.P., Guido, F., Fatima, G., Khadija, B., Abdelmjid, Z., Luisa, P. (2015). Phytochemical composition of Moroccan saffron accessions by headspace solid-phase microextraction. *Am. J. Esse. Oils Nat. Prod*., 53, 3974-3979.

[13] Kanakis Charalabos, D., Daferera Dimitra, J., Tarantilis Petros, A., Polissiou Moschos, G. (2004). Qualitative determination of volatile compounds and quantitative evaluation of safranal and 4-hydroxy- 2,6,6-trimethyl-1 cyclohexene-1-carboxaldehyde (htcc) in Greek saffron. *J. Agr. Food Chem*., 52, 4515-4521.

[14]Gregory, M.J., Menary, R.C., Davies, N.W. (2005). Effect of drying temperature and air flow on the production and retention of secondary metabolites in saffron. *J. Agr. Food Chem*., 53, 5969–5975.

[15] Maghsoodi, V., Kazemi, A., Akhondi, E. (2012). Effect of different drying methods on saffron (Crocus Sativus L) quality. *Iran. J. Chem. Chem. Eng*., 31, 85-89.

[16] Torki-Harchegani, M., Ghanbarian, D., Maghsoodi, V., Moheb, A. (2017). Infrared thin layer drying of saffron (Crocus sativus L.) stigmas: Mass transfer parameters and quality assessment. *Chin. J. Chem. Eng.,* 25, 426–432.

[17] Tsimidou, M., Biliaderis, C.G. (1997). Kinetic studies of saffron (Crocus satiVus L.) quality deterioration. *J. Agr. Food Chem*., 45, 2890-2898.

[18] Himeno, H., Sano, K. (1987) Synthesis of crocin, picrocrocin and safranal by saffron stigma-like structures proliferated in vitro. *Agr. Bioi. Chem*., 51, 2395-2400.

[۱۹] عـاطفی، م.؛ اکبری اوغـاز، ع.؛ مهری، ا. (۱۳۹۲) اثرات خشـک‌کردن بر ویژگی‌های شـیمیایی و حسـی زعفران. مجله *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، جلد ۸، شماره ۳، ص ۲۰۸-۲۰۱.

[۲۰] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱. زعفران- روش‌های آزمون. شماره ۲-۲۵۹.

[۲۱] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۸. میکروبیولوژی زعفران- ویژگی‌ها. شماره ۵۶۸۹.

[۲۲] سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۳. میکروبیولوژی زنجیره غذایی- روش جامع برای شمارش میکروارگانیسم‌ها قسمت ۱: شمارش کلنی در ۳۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از کشت آمیخته. شماره ۱-۵۷۲۷۲.

[23] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci. Technol*., 28(1), 25–30.

[24] ISO, (2006). Sensory analysis-Methology-Ranking, International Organization for Standardization, ISO 8587:1988. Geneva, Switzerland.

[۲۵] مظلومی، م.ت.؛ تسلیمی، ا.؛ جمشیدی، ا.؛ عاطفی، م.؛ حاج سید جوادی، ن.؛ کمیلی فنون، ر.؛ و همکاران . (۱۳۸۶) مقایسه اثرات روش‌های خشک‌کردن به کمک خلاء، انجماد، خورشید، مایکروویو با روش سنتی بر ویژگی‌های زعفران قائن. مجله *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، جلد ۲، شماره ۱، ص ۷۶-۶۹.

[26] Sharifi, N., Hojjatoleslamy, M., Jafari, M. (2016). Study of qualitative characteristics of saffron cultivatedin different regions of Iran. J. Herb. Drugs, 6, 235-240.

[27] Basker D, Palevirch D, Putievsky E. (1993). Saffron the costiest spice: drying and quality and price; *Acta Hort.*, 344, 86-97.

[28] Ahmadian, R., Hosseni, F., Salami, M. (2016). Investigation of physicochemical properties and microbial contamination of saffron style. *JPHS*., 6, 235-240.

[29] Tong, Y., Zhu, X., Yan, Y., Liu, R., Gong, F., Zhang, L., Hu, J., Fang, L., Wang, R., Wang, P. (2015). The influence of different drying methods on constituents and antioxidant activity of saffron from china. *Int. J. Anal. Chem.*, 2015, Article ID 953164, 8 pages.

[30] Acar, B., Sadikoglu, H., Ozkaymak, M. (2011). Freeze Drying of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Drying Technol.*, 29, 1622-1627.

[۳۱] شمایی، س.؛ امام جمعه، ز.(۱۳۸۹) اثر پیش تیمار و روش‌های مختلف خشـک‌کردن بر روند خشک شـدن، بافت، رنگ، مقدار و سرعت باز جذب آب ورقه‌های قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*). *پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد ۶، شماره ۳، ص ۲۰۰-۱۹۳.

[32] Del Campo, C.P., Carmona, M., Maggi, L., Kanakis, C.D., Anastasaki, E. G., Tarantilis, P.A., Polissiou, M.G. Alonso, G.L. (2010). Effects of mild temperature conditions during dehydration procedures on saffron quality parameters. *J. Sci. Food Agric*., 90, 719–725.

www.SID.ir

Archive of SID

[۳۳] بلندی، م.؛ شهیدی ، ف.؛ صداقت، ن.؛ فرهوش، ر.؛ قا سم زاده، ر. (۱۳۸۸) بررسی اثر دما، فعالیت آبی و مدت نگه‌داری بر شدت رنگ، عطر و تلخی کلاله زعفران. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد ۱۳، شماره ۴۷، ص ۶۶-۶۱.

[۳۴] ســالاری، ر.؛ حبیبی نجفی، م. ب.؛ کاراژیان، ح.؛ وزیرزاده، ب. (۱۳۸۹) ارزیابی تغییرات فیزیکوشیمیایی و میکروبی زعفران طی دوره نگه‌داری یک ساله. مجله *علوم و فناوری غذایی*، جلد ۲، شماره ۱، ص ۴۳-۳۵.

[35] Saeidirad, M.H., Sharayei, P, Zarifneshat, S. (2014). Effect of drying temperature, air velocity and flower types on dried saffron flower quality. *Agric. Eng. Int*., 16, 251–254.

[36] Assimopoulou, A.N., Sinakos, Z, Papageorgiou, V. P. (2005). Radical scavenging activity of crocus sativus extract and its bioactive constituents; *Phytother. Res*., 19, 997–1000.

[37] Chen, Y., Zhang, H., Tian, X. Zhao, C., Cai, L. Liu, Y., Jia, L., Yin, H.Z., Chen, C. (2008). Antioxidant potential ofcrocins and ethanol extracts of Gardenia jasminoides ELLIS and Crocus sativus L.: a relationship investigation between antioxidant activity and crocin contents. *Food Chem*.,109, 484–492.

[38] Cosano, I., Pintado, C., Acevedo, O., Novella, J.L., Alonso, G.L., Carmona, M., de la Rosa. C., Rotger, R. (2009). Microbiological quality of saffron from the main producer countries. *J. Food Prot.,* 72, 2217-20.

[39] Khazaei, N., Jouki, M., Kalbasi, A., Tavakolipour, H., Rajabifar, S., Sedeh, F.M., Jouki, A. (2011). Study of microbial critical points of saffron from farm to factory in Iran. *Int. Scholarly Sci. Res. & Innov.,* 5, 293-296.

[۴۰] میرمصـــطفایی، س.؛ عزیزی، م.، بحرینی، م.؛ آرویی، ح.، عروجعلیان، ف. (۱۳۹۲) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و بار میکروبی نعناع فلفلی. نشریه *پژوهش‌های تولید گیاهی*، جلد ۲۰، شماره ۴، ص ۱۴۷-۱۳۳.

[41] Janković, S.M., Milošev, M.Z., Novaković, M. L. J. (2014). The effects of microwave radiation on microbial cultures. *Hospital Pharmacol*., 1, 102-108.

[42] Hosseini Nejad, M. (2004). Evaluation of quality characteristics and microbial contamination of saffron samples dried by microwave. *Acta Hortic*., 650, 345-353.

[43] Ordoudi S, Tsimidou M. (2004). Saffron quality: effect of agricultural practices, processing and storage. In: Dris R, editor. Harvest and quality evaluation of food crop. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Publisher. p 209–60.

[44] Pardo, J. E., Zalacain, A., Carmona, M., Lopez, E., Alvaruiz, A., Alonso, G. L. (2002). Influence of the type of dehydration process on the sensory properties of saffron spice. *Ital. J. Food Sci*., 4, 413-422.

[۴۵] آقایی، ز.، جعفری، س. م.؛ قربانی، م.، همتی، خ. (۱۳۹۶) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی زعفران. *علوم و صنایع غذایی*، جلد ۶۵، شماره ۱۴، ص ۱۳۸-۱۲۹.

[۴۶] خرم دل، س.؛ شباهنگ، ج.؛ قربانی، م.؛ اسدی، ق. (۱۳۹۲) ارزیابی اثر روش‌های خشک‌کردن بر کمیت و کیفیت مهم‌ترین مواد مؤثره اسانس گونه‌های آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعنا فلفلی. *اکوفیتو شیمی گیاهان دارویی*، جلد ۱، شماره ۱، ص ۳۶-۴۸.

[۴۷] همتی کاخکی، ع. (۱۳۸۰) بررسی تاثیر روش‌های مختلف خشکانیدن در حفظ کیفیت زعفران. *پژوهش و سازندگی*، جلد ۱۴، شماره ۲، ص ۳۵-۳۲.

www.SID.ir